

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 79

VEDENLAATUMALLIPROJEKTI

1986 - 1987

LOPPURAPORTTI

V E S I- J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N
M O N I S T E S A R J A

Nro 79

VEDENLAATUMALLIPROJEKTI

1986 - 1987

LOPPURAPORTTI

Vesi- ja ympäristöhallitus
Helsinki 1988

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona. Julkaisua saa suunnittelusihteeristöstä.

ISSN 0783-3288
ISBN 951-47-0294-8

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,
Helsinki 1988

1.	JOHDANTO	2
2.	PROJEKTIN TAVOITTEET	2
3.	SOVELLUKSET JA NIIDEN DOKUMENTOINTI	4
3.1	Kotkan edusta	4
3.2	Pietarsaaren edusta	5
3.3	Etelä-Saimaa	6
3.4	Kajaaninjoki-Oulujärvi	7
3.5	Porin edusta	7
3.6	Kaskisten edusta	7
3.7	Valkeakosken alapuolinen vesistö	8
3.8	Oulun edusta	8
3.9	Kokkolan edusta	8
3.10	Ähtävänjoen vesistö	9
4.	MUUT MALLITUTKIMUKSET	9
5.	MALLIEN KEHITTÄMINEN	10
5.1	Virtaus-vedenlaatumallien kehittäminen	11
5.2	Jokivirtausmallit	11
5.3	Öljyn kulkeutumismallit	12
5.4	Yksinkertaisten vedenlaa- tumallien kehittäminen	13
5.5	Vedenlaatukuvauksen kehittäminen	13
5.6	Yhteydet muihin malli- tutkimuksiin	15
6.	KANSAINVÄLINEN TOIMINTA	15
7.	KOULUTUSTOIMINTA	16
8.	JATKOTOIMINTA	16
8.1	Mallien käyttö- ja kehit- tämistarve	16
8.2	Nykyiset toiminta- edellytykset	18
8.3	Toimintamahdollisuudet	19

1 J O H D A N T O

Virtaus- ja vedenlaatumallien käytön tavoitteena on tuottaa tietoa vesistössä tapahtuvien muutosten arviointia varten. Mallien soveltamismahdollisuuksien lisääminen edellyttää mallien kehittämistä. Kehittämis- ja soveltamistavoitteet yhdistettynä ovat käytännössä merkinneet sitä, että yksittäisten sovelluskohteiden ongelmat ovat ohjanneet kehittämistyötä.

Vesihallitus asetti 10.3.1986 projektiryhmän, jonka tehtävänä oli edistää vesihallinnossa tarvittavien vedenlaatumallien käytäntöön soveltamista ja kehittämistä. Vesi- ja ympäristöhallitus jatkoi projektin määräaikaan vuoden 1987 loppuun saakka. Projektiryhmän jäseniksi nimitettiin maat.metsät.yo. Kim Dahlbo (VL/vet), MML Tom Frisk (VE/vöt), FK Kari Lehtinen (VL/hyt), MML Jorma Niemi (VL/vet), MMK Elina Rautalahti-Miettinen (VV/vst) sekä FK Juha Sarkkula (VL/hyt).

Projektiryhmän työtä valvomaan vesihallitus asetti johtoryhmän, jonka puheenjohtajana oli prof. Seppo Mustonen (VL) sekä jäsenenä FK Juhani Eloranta (HA/jät), limnologi Pertti Heinonen (VL/vet), dipl.ins. Juhani Junna (VL/ttt), vesihallintoneuvos Kimmo Karimo (VV) ja MMK Hannele Nyroos (sus). Johtoryhmän sihteerinä ja projektiryhmän puheenjohtajana toimi Elina Rautalahti-Miettinen.

Projektiryhmän oli laadittava vuoden 1987 loppuun mennessä selvitys projektin aikana tehdystä soveltamis- ja kehittämistyöstä sekä jatkotoimintatarpeesta.

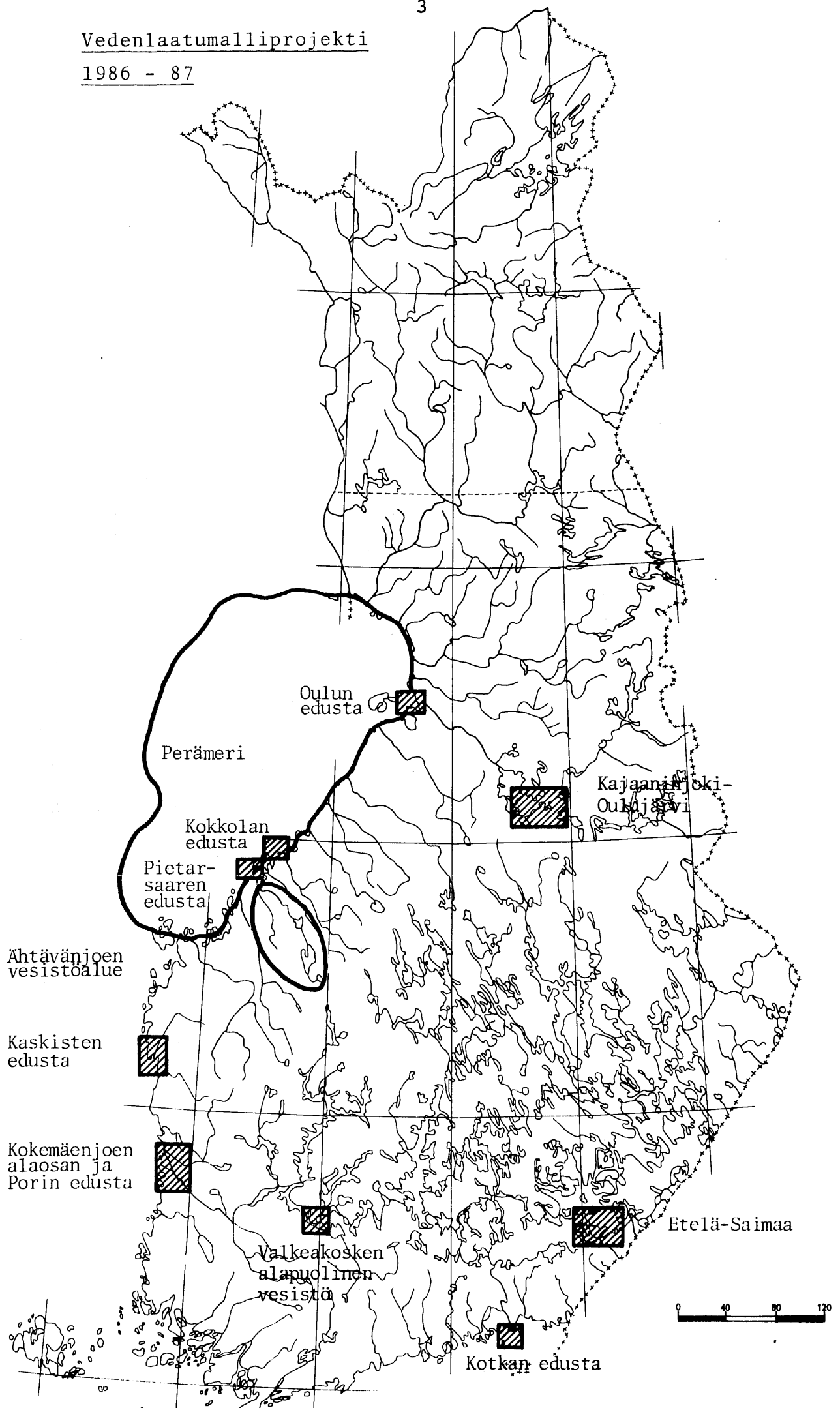
2 P R O J E K T I N T A V O I T T E E T

Projektin tavoitteena oli lisätä vesi- ja ympäristöhallinnon valmiuksia soveltaa ja kehittää virtaus- ja vedenlaatumalleja. Tärkein tehtävä oli lisätä vedenlaatumallien käyttövalmiuksia piirihallinnossa. Tähän tavoitteeseen pyrittiin koulutuksen ja sovelluskohtaisten käyttöohjeiden avulla. Vesi- ja ympäristöhallituksen valmiuksia parannettiin virtauskenttien ja virtausmallin rakentamisessa ja laatuosan kehittämisessä. Virtausmallin laskentamenetelmä on useiden vuosien kehittelytyön tulos ja virtausmallin kehittämiseen, rakentamiseen ja soveltamiseen tarvittava asiantuntemus on aiemmin ollut ainoastaan VTT:llä. Projektin tavoitteena oli vesi- ja ympäristöhallinnon oman asiantuntemuksen lisääminen siten, että pystyttäisiin itsenäisesti käyttämään virtaus- ja vedenlaatumalleja.

Projektin tehtävänä oli kahdeksan sovelluksen laatiminen ja piirikohtainen käytön opastus. Kolme sovelluksesta sisälsi kaikki soveltamiseen liittyvät työvaiheet ja muiden osalta työ oli keskeneräisten sovellusten loppuunsaattamista ja dokumentointia.

Vedenlaatumalliprojekti

1986 - 87



3 SOVELLUKSET JA NIIDEN DOKUMENTOINTI

Seuraavassa eritellään virtaus-vedenlaatumallien sovellukset alueittain. Käytetyt mallit ovat kaksidimensioinen VENLA-malli sekä kolmidimensioinen Simons-Koponen-malli.

Valmiit sovellukset

3.1 KOTKAN EDUSTA

Sovelluksessa tarkasteltiin virtaus- ja vedenlaatumallin avulla joki- ja jätevesien leviämistä sekä niiden vesistövaikutuksia Kotkan edustan merialueella. Mallia sovellettiin 2-dimensioisena sisäsaariston kolmemetriseen pintakerrokseen. Työn tarkoituksena oli kuvata kuormituksen, Kymijoen virtaaman, tuulen ja Karhusalmen kaventamisen vaikutuksia vesistön happi- ja NaLS-pitoisuuksiin sekä BOD-arvoihin talvi- ja kesäolosuhteissa.

Oleellista työn onnistumiselle oli testata laskettujen virtauskenttien vastaavuus mitattujen virtausten kanssa. Talven virtausmittauksilla todettiin, että Kymijoesta Kotkan satama-altaaseen tulevasta virtaamasta 40 % purkautuu kapean Karhusalmen kautta itään ja 60 % laivaväylää pitkin etelään. Jätevedet virtaavat samassa kerroksessa jokiveden kanssa. Laskettujen virtauskenttien sovittaminen tämän tuloksen mukaisiksi edellytti huomattavaa malliparametrien säätöä. Kesätilanteessa virtaukset riippuivat pääasiallisesti tuulen suunnasta ja nopeudesta. Keskiarvona n. 10 % jokivirtaamasta purkautui Karhusalmen kautta itään.

Mallin antamia tuloksia testattiin kolmen vuoden vedenlaatuhavainnoilla.

Mallia käytettiin Kymijoen ja Kotkan edustan vesiensuojelun yleissuunnittelun yhteydessä. Eri vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia arvioitaessa tarkasteltiin kahta vaihtoehtoa, kuormituksen muuttamista ja Karhusalmen sulkemista. Näitä vertailtiin Kymijoen Kyusankosken virtaamalla $300 \text{ m}^3/\text{s}$ (keskivirtaama) ja $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (alivirtaama) ja kesätilanteissa lisäksi neljässä toisistaan selvästi poikkeavassa tuulitilanteessa.

Kotkan alueen nykyisillä BOD-kuormituksilla Kymijoen keskivirtaaman aikana ovat BOD_7 -arvot enimmillään 3-4 $\text{mg O}_2/\text{l}$ ja alivirtaaman aikana 6-7 $\text{mg O}_2/\text{l}$. Selvimmin virtaaman vaihtelun vaikutus näkyy Karhusalmen itäpuolella.

Kuormitusmuutoksena tarkasteltiin 80 %:n BOD-kuormitusvähenystä. Tämä nostaa talven happipitoisuuksia koko alueella erityisesti alivirtaamatilanteessa, jolloin happipitoisuudet ovat 1-2 $\text{mg O}_2/\text{l}$ korkeampia kuin nykytilanteessa.

Karhusalmen sulkeminen vähentää huomattavasti NaLS-pitoisuuksia salmen itäpuolella etenkin alivirtaamatilan-

teessa. Samalla jätevesien vaikutus kuitenkin lisääntyy Kotkansaaren eteläpuolella jopa 10 kilometrin päässä purkualueesta.

Kesätilanteessa Kymijoen virtaama ja tarkastellut toimenpiteet vaikuttivat pitoisuuksiin vain purkupisteiden lähialueella. Muualla tuulen vaikutus sekoitti jätevedet tehokkaasti meriveden kanssa.

Parannusehdotuksena mahdollista jatkotyötä ajatellaan on, että jokihaarojen virtausvaikutus lasketaan erikseen sen sijaan, että työssä laskettiin kaikkien jokihaarojen yhteisvaikutus muutamassa virtaamatilanteessa. Jokihaarojen virtaamasuhteet voivat vaihdella huomattavasti juoksutusjärjestelyistä riippuen. - Lisäksi mahdollisessa jatkotyössä tulisi ottaa mukaan fosforin kuvaus.

Kotkan edustan mallisovellus on raportoitu VH:n monistesarjassa nro 1986:252.

3.2 PIETARSAAREN EDUSTA

Tutkimuksessa oli kohdealueena Pietarsaaren edustan merialue, jota kuormittavat pääasiassa Oy Wilh. Schaumanin Pietarsaaren tehtaiden ja Pietarsaaren kaupungin jätevedet. Työn tarkoituksena oli laatia virtaus- ja vedenlaatumalli, joka antaa tietoa suunniteltujen vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksista vesistössä. - Laskenta-alue ulottui 15 kilometrin päähän jätevesien päästöalueesta.

Mallityön yhteydessä tutkittiin alueen virtauksia ja sedimentaatiota mittauksin. Virtauksilla oli hallitseva merkitys alueen pitoisuusjakaumiin.

Mallin vedenlaatumuuttujina ovat sähkönjohtavuus, BOD, happi, NaLS, kokonaisfosfori ja kiintoaine. Mallikertomien hienosäätö tehtiin vuoden 1984 vedenlaatuaineiston perusteella.

Malli saatiin vastaamaan tyydyttävästi mitattuja tuloksia sekä talvi- että kesätilanteessa. Tulokset osoittivat, että Luodonjärvestä tulevalle makean veden juoksutuksella on talvitilanteessa erittäin suuri merkitys pitoisuusjakaumiin viiden kilometrin säteellä jätevesien purkualueesta. Pitoisuusvaihtelut ovat suuria eikä jätevesipilvien liikkeiden laskemista voitu varsinaisesti testata velvoitetarkkailuaineiston perusteella tällä lähialueella. Kesällä jätevesien sekoittuminen tuulen vaikutuksesta suurempiin vesimassoihin pitää pitoisuudet kauttaaltaan alhaisempina kuin talvella eikä suuria pitoisuusvaihtelua esiinny.

Talvella 1987 kerättiin ylimääräistä vedenlaatuaineistoa mallin testaamiseksi saaristoalueella. Mallin testauksen yhteydessä arvioidaan veden laadun tarkkailupisteiden edustavuutta ja tarvetta muuttaa tarkkailuohjelmaa. Tämä työ valmistuu kevään 1988 aikana.

Työstä on ilmestynyt kaksi raporttia: "Pietarsaaren edustan

virtaus- ja sedimentaatiomittaukset syksyllä 1985 ja talvella 1986" (Lehtinen ja Sarkkula, Hydrologian toimisto 24.6.1986) sekä "Virtaus- ja vedenlaatumalli VENLÄN soveltaminen Pietarsaaren merialueelle" (Lehtinen, Sarkkula ja Virtanen, Hydrologian toimisto 3.2.1987).

3.3 ETELÄ-SAIMAA

Saimaan alueella on toteutettu vuosina 1984-1987 vesien-suojelun suunnittelua varten kaksi laajaa malliprojektia, joissa on laadittu kaksi erillistä 3-dimensioista virtaus- ja vedenlaatumallia Pien-Saimaan ja Etelä-Saimaan alueille.

Itäisen Pien-Saimaan malli käsittää noin 70 km² suuruisen alueen, joka kattaa avovesikautena Oy Kaukas Ab:n ja Joutseno-Pulp Oy:n jätevesien keskeisen haitta-alueen. Alueella tehdyt virtaus- ja vedenlaatumittaukset ovat vaikuttaneet oleellisesti alueen dynamiikan ymmärtämiseen ja mallin kehitystyöhön ja kalibrointiin. Pien-Saimaan mallitulokset vastaavat erinomaisesti mittaustuloksia.- Mallin vedenlaatumuttujina ovat BOD, happi, kokonaisfosfori ja natrium. Mallilla on tutkittu Vehkataipaleen pumppuaseman tehon sekä Oy Kaukas Ab:n kuormitusvaihtoehtojen vaikutusta veden laatuun itäisellä Pien-Saimaalla. Sovelluksesta on ilmestynyt mallin käyttöohje sekä useita raportteja.

Etelä-Saimaan puunjalostusteollisuuden vaikutus ulottuu talvisin laajalle alueelle, joka ei sisälly Pien-Saimaan malliin. Tämän vuoksi oli tarpeellista tehdä erillinen Etelä-Saimaan malli. Talvitilanteessa tämä malli osoittautui erittäin herkäksi virtausten suhteen. Virtausmalli puolestaan on Etelä-Saimaan tapauksessa hyvin herkkä pohjamuotojen kuvauksen, malliparametrien ja numeerisen ratkaisun suhteen. Tulosten perusteella voitiin kuitenkin todeta, että jätevesien leviämisen ja vedenlaatumuuttujien pitoisuuksien laskenta on saatu käytännön tarpeita vastaavalle tasolle. Mittaus- ja mallitulosten vastaavuus on hyvä hapen ja natriumin osalta. - Fosforin osalta mittaus- ja mallitulosten keskimääräiset tasot vastaavat hyvin toisiaan. Sensijaan yksittäisissä havainnoissa on suurta hajontaa. Tämä saattaa johtua esim. pohjasedimentistä tapahtuvasta fosforin liukenemisestä, jota ei ole sisällytetty malliin.

Etelä-Saimaan malli soveltuu tehtaiden kuormitusvaihtoehtojen vaikutusten ja vaikutusalueiden tutkimiseen. Mallin vertikaalinen erotuskyky on erityisen hyödyllinen Etelä-Saimaan syväneuomien ja syvänteiden kuvauksessa.

Etelä-Saimaan alueen suunnittelussa on tullut esiin uusia vaihtoehtoina erilaiset purkupaikkojen sijoituskohdat ja jäteveden liikkeitä ohjaavat rakenteet. Koska lasketut virtauskentät riippuvat voimakkaasti alueen geometriasta, jäteveden purkukohdasta ja jäteveden tiheydestä, virtauskentät joudutaan laskemaan näille vaihtoehtoillemme uudestaan. Näin ollen mallin käytön laajentaminen edellyttää huomattavaa lisätyötä. Tällä hetkellä mallilla ei ole

harjaantunutta käyttäjää Kymen vesi- ja ympäristöpiirissä.

3.4 KAJAANINJOKI - OULUJÄRVI

Kajaaninjoen suualueelle ja Paltaselkään sovellettiin 2-dimensioista mallia. Työn tarkoituksena oli vesiensuojelun suunnitteluun liittyen selvittää teollisuuden kuormitusmuutosten ja ympäristötekijöiden vaikutuksia veden laatuun ko. vesialueella.

Sovellukseen on käytetty uudentyyppistä VENLA-versiota, joka aikaisempaa tarkemmin ottaa huomioon vedenkorkeuden vaihteluiden ja vesitilavuuden muutosten vaikutukset. Näin voidaan säännöstelyn vedenlaatuvaikutuksia kuvata todenmukaisemmin aikaisempaan verrattuna.

Simuloitavina vedenlaatumuuttujina ovat BOD, happi ja kokonaisfosfori, sekä valikoima orgaanisia myrkyllisiä yhdisteitä ja bakteeriaktiivisuus. Työssä on kokeiltu uudentyyppistä bakteerien heterotrofiseen aktiivisuuden alenemiseen perustuvaa toksisuusmallin soveltamista.

Tarkastelujaksoina mallin kertoimien määrittämisessä on ollut kolme avovesijaksoa ja yksi talvikausi. Mallin kalibroinnissa kohdistettiin päähuomio alueelle Kajaaninjoen suu - Paltajärvi - Paltaselän lounaisalue. Mallin kertoimista suoritettiin herkkyysanalyysi.

Mallin yhteensopivuus havaintoaineiston kanssa on hyvä tai kohtalainen. Mallilla laskettiin useita suunnittelu- vaihtoehtoja sekä säännöstelyn vaikutus siten, että nykyiseen säännöstelykäytäntöön verrattuna koko Oulujoen vesistö olisi rakentamaton. Teollisuuden kuormitusvaikutus on mallin mukaan tuntuvin Kajaaninjoen - Paltajärven alueella. On kuitenkin huomattava 2-dimensioisen mallin rajoittuneisuus kuvata pystysuuntaisia pitoisuusvaihteluita. Paltaselän syvänteiden vedenlaatuolosuhteet eivät näin ollen tule yksityiskohtaisesti kuvatuksi. Säännöstelyn vaikutus on selvästi havaittavissa. Myrkyllisyysosamalli ei nykymuodossaan pysty tarpeeksi hyvin kuvaamaan havaittuja voimakkaita inhibitiomuutoksia kuormituslähteestä alavirtaan.

3.5 PORIN EDUSTA

Sovelluksessa kuvataan virtauskenttä- ja vedenlaatumallin avulla jätevesikuormituksen vaikutusta Kokemäenjoen alaosaan ja Porin edustan merialueen tilaan. Viimeistellyssä muodossa olevaa käyttöohjetta ei vielä ole.

3.6 KASKISTEN EDUSTA

Virtaus- ja vedenlaatumallin käyttöönotto ja kehittäminen on jatkunut VTT:n ja Vaasan vesi- ja ympäristöpiirin yhteistyönä, jossa on selvitetty satelliittikuvien käytökelpoisuutta jätevesien kulkeutumisen seurannassa. Työssä käsitellään kesien 1986 ja 1987 aineistoja.

Talviajan virtauskenttien laskenta on myös käynnissä Metsä-Bothnia Oy:n tilauksesta.

3.7 VALKEAKOSKEN ALAPUOLINEN VESISTÖ

Simuloitavia vedenlaatumuuttujia ovat BOD, happi, kokonaisfosfori, kasviplanktonbiomassa ja sinkki. Vuoden 1986 aikana on hankittu uutta havaintoaineistoa mm. kasviplanktonbiomassan ja sinkkifraktioiden osalta. Sovelluksen yhteydessä on kehitetty sinkkiosamalli.

3.8 OULUN EDUSTA

Oulun edustan aiemmin valmistunutta sovellusta täydennettiin myrkyllisten yhdisteiden mallittamista varten. Oulun vesi- ja ympäristöpiirin erityislika-ainetutkimuksessa keskitytään laaditun tutkimusohjelman mukaisesti orgaanisen kloorin kokonaismäärän mittaamiseen Oulun edusta. Näytteitä otettiin huhtikuussa sekä neljän viikon jakson aikana heinä-elokuussa 1986 jäte-, joki- ja merivedestä. TOCl-näytteiden määritykset valmistuivat keväällä 1987.

3.9 KOKKOLAN EDUSTA

Työn tarkoituksena oli laatia virtaus- ja vedenlaatumalli, joka antaa perustietoa mm. vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten arviointiin. Kohdealueena oli Kokkolan edusta, jossa merialuetta kuormittavat pääasiassa Outokumpu Oy:n, Kemi Oy:n ja Kokkolan kaupungin jätevedet sekä Perhonjoen tuoma kuormitus. Sovelluksessa käytettiin kaksidimensioista pinnasta pohjaan ulottuvaa yksikerrosmallia ja laskenta-alue ulottui n. 15 kilometrin päähän päästöalueesta.

Virtausmallilla laskettujen virtauskenttien tarkistamiseksi alueella tehtiin virtausmittauksia sekä talvi- että kesätilanteessa.

Mallin vedenlaatumuuttujina ovat sähkönjohtavuus, veden väri, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, rauta ja sinkki. Mallikertoimien sovitukset tehtiin vuoden 1985 vedenlaatuhavaintojen perusteella.

Talvella 1987 tehdyissä virtausmittauksissa todettiin, että jääpeitteisen ajan virtaukset ovat Kokkolan edustalla erittäin hitaita. Vain nopeiden vedenkorkeusmuutosten yhteydessä havaittiin virtausmittarin kynnysnopeuden (2 cm/s) ylittäneitä virtausnopeuksia. Näissä tilanteissa todettiin laskenta-alueen ulommissa osissa virtaus ulkomereltä Kokkolan edustalle merenpinnan noustessa ja päinvastoin. Päästöalueen läheisyydessä virtaukset olivat kaiken kaikkiaan niin hitaita, ettei liene mielekäästä laatia vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelua varten jätevesien kulkeutumismallia jääpeitteiselle ajalle. Virtausmittausten perusteella voidaan vetää joitakin varovaisia johtopäätöksiä aineiden kulkeutumisesta päästö-

ja satama-alueen tuntumassa.

Avovesikauden 1987 virtausmittausaineistosta voitiin selvittää hyvällä luotettavuudella tuulen ja virtausten väliset riippuvuudet. Saatujen regressiomallien perusteella voidaan laskea eri tilanteisiin liittyvät virtaukset mittauspisteissä. Näitä tietoja käytettiin virtausmallilla laskettujen virtauskenttien todentamiseen. Vertailussa todettiin, että laskettujen virtauskenttien vastavuus mitattujen virtausten kanssa oli hyvä.

Avovesikaudella 1985 laskettuja pitoisuusajaksarjoja verrattiin vedenlaatuhavaintoihin, joita oli käytettävissä kolmelta ajankohdalta. Lasketut ja havaitut arvot vastasivat yleisesti ottaen hyvin toisiaan. Lasketut arvot osoittivat suurta pitoisuusvaihtelua päästöalueen läheisyydessä. Tähän vaihteluun nähden havaintoaineisto oli mallin testaamista ajatellen puutteellinen. Suurimmat erot laskettujen ja mitattujen arvojen välillä esiintyivät tällä lähialueella, etenkin veden värin ja sinkin osalta. Kauempana päästöalueesta ulkomeren pitoisuuden määrittäminen vaikuttaa dominoivasti laskenta-alueen pitoisuuksiin.

Työn raportointi sekä mallin käyttöönotto ja käytön opastus Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirissä toteutetaan vuoden 1988 aikana.

Keskeneräiset sovellukset

3.10 ÄHTÄVÄNJOEN VESISTÖ

Ähtävänjoen vesistö- ja vedenlaatumallin tarkoituksena on kuvata eri vesistötoimintojen, eri kuormituslähteiden ja vesistöprosessien merkitystä vesistön veden laadun muutoksille, ottaen huomioon saatavilla olevan tiedon ja aineistojen asettamat rajoitukset. Työ liittyy Ähtävänjoen vesistön vesiensuojelun toimenpideohjelmaan ja siinä pyritään ottamaan huomioon koko vesistöalue ja sen käyttö.

Mallin laatiminen käynnistyi Kokkolan vesi- ja ympäristöpiirin aloitteesta esitutkimuksella syksyllä 1987. Esitutkimuksen tarkoituksena on analysoida alueen vesistöongelmat sekä mallin laatimisen edellytykset sekä tehdä ehdotukset tarvittavista lisähavainnoista vesistöalueella. Esitutkimus valmistui tammikuussa 1988.

4 M U U T M A L L I T U T K I M U K S E T

Perämeriprojekti

Projektin tarkoituksena on selvittää Perämeren virtausten ja veden laadun syy-yhteyksiä ja Perämeren tilaan vaikuttavien tekijöiden erittelyä. Projekti alkoi kesällä 1987 ja se jatkuu kevääseen 1990. Siihen osallistuvat vesi- ja ympäristöhallitus, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Oulun yliopisto ja Merentutkimuslaitos.

Perämeren tilan tarkkailua on toteutettu 1960-luvulta alkaen suomalaisten ja ruotsalaisten viranomaisten sekä tutkimuslaitosten toimesta. Alueella on nykyisin n. 200 veden laadun tarkkailupistettä. Tarkkailua toteutetaan käytännössä lukuisten eri tarkkailuohjelmien perusteella. Niiden raportointi tapahtuu pääosin toisistaan riippumatta. Tarve aineistojen yhtenäiseen käsittelyyn on suuri erityisesti pohjoisella Perämerellä, jossa jokivedet ja jätevedet leviävät laajalle alueelle.

Myöskin Perämeren ulappa-alueella havaitun nitraattipitoisuuden kasvun syiden selvittely edellyttää mallikäsittelyä.

Projektin tavoitteena on muodostaa koko Perämeren alueelle virtaus- ja kulkeutumismalli, joka helpottaa olemassa olevan laajan ja epäyhtenäisen vedenlaatuaineiston tulkintaa ja Perämeren tilaan vaikuttavien tekijöiden erittelyä. Projektin tulosten avulla voidaan tarkentaa ja mahdollisesti yhdistää Perämerellä toteutettavia erillisiä tarkkailuohjelmia.

Pääosa työpanoksesta suunnataan jo olemassa olevan tutkimusaineiston käsittelyyn ja teoreettiseen mallinkehitystyöhön. Siitä huolimatta joudutaan tekemään vielä tarkentavia kenttämittauksia.

Tutkimuksen pohjalta saatava kokonaisnäkemys auttaa ymmärtämään nykyistä paremmin eri tekijöiden vaikutuksen paikallisiin ja koko Perämerta koskeviin vesiympäristön tilamuutoksiin. Saatavista tuloksista on hyötyä mm. rannikkoalueiden erillisiä vesiensuojeluongelmia käsitellessä, kemikaali- ja öljypäästöjen leviämisen arvioinnissa ja meripelastustoiminnassa esimerkiksi tuuliajolle joutuneiden veneiden etsintäalueiden määrittelyssä.

Fysikaalisten prosessien vaikutus järven veden laadun kehittymiseen, Maj ja Tor Nesslingin säätiön tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa veden laadun kehittymistä säätelevistä fysikaalisista prosesseista. Tutkimuksen tarkoituksena on numeerinen mallittaminen. Tuloksia voidaan soveltaa virtaus-, sekoittumis- ja vedenlaatumalleissa. Sovellutusalueena on Päijänteen Tiirisselkä.

5 M A L L I E N K E H I T T Ä M I N E N

Vesistövaikutusten arvioinnin suuntautuminen yhä monimutkaisempien vuorovaikutusten kuvaamiseen asettaa mallien rakenteelle ja kuvausalueelle uusia vaatimuksia. Vesistökuormituksen laadun ja määrän muuttuminen vaikuttaa omalta osaltaan käytettävien matemaattisten vedenlaatumallien kehittämiseen. Monien perinteistenkin vedenlaatumuuttujien kuvaustarkkuudessa on parantamisen varaa.

Mallien kehittämisen lähtökohtana on edelleen vesiensuojelupäätösten tarvitsema tietous. Mallien rakenteen

kehittäminen ja käyttöalueen laajentaminen vaatii sekä hydrodynaamisten prosessien että laatuosan tarkempaa kuvausta. Hydrodynaamisen kuvauksen tarkentamistyötä tehdään pääasiassa käytännön sovellusten yhteydessä sekä erillisissä tutkimusprojekteissa.

Laatuosan kuvauksen tarkentamisen ja kehittämisen yhtenä lähtökohtana voidaan pitää erilaisten osamallien kehittämistä, esim.

- orgaanisten myrkyllisten yhdisteiden (esim. teollisuuskemikaalit, torjunta-aineet), raskasmetallien, inhibition ja rikastumisen mallittaminen
- rehevöitymisen kuvaaminen; sinileväkukinnat, perifyton, sedimentin vaikutus
- maaperästä aiheutuvien veden pH:n muutosten syy-seuraussuhteen mallintaminen.

Hajakuormitusvesistöjen mallittaminen edellyttää valuma-alueilta tulevan ainevirtaaman parempaa määrittämistä ja valuma-aluemallien ja vesistömallien yhteensopivuuden kehittämistä.

CREAMS -mallin viimeisin versio on parhaillaan alustavasti testattavana VYH:ssä. Mallin syöttötietoina ovat mm. maankäyttöä ja maanviljelyksen toimintaa suhteellisen yksityiskohtaisesti kuvaavat tiedot. Malli on sovellettavissa suhteellisen yhtenäisellä peltoalueella. Laajemmalle vesistöalueelle soveltaminen muodostuisi "palapeliksi", joka on kuitenkin periaatteessa mahdollista.

Ensimmäisenä CREAMSin nykyversion sovelluskohteena on Hovin pieni valuma-alue. Nykyisten soveltamiskokemusten perusteella vaikeudeksi on osoittautunut se, että routa-osamalli on liian yksinkertainen.

5.1 VIRTAUS-VEDENLAATUMALLIEN KEHITTÄMINEN

2- ja 3-dimensioiset virtaus- ja vedenlaatumallit ovat jo nyky muodossaan huomattavan tehokkaita ja monipuolisia rakenteita. Tämän projektin yhteydessä on tarkennettu mm. tilavuusmuutosten vaikutusten laskemista. Hajakuormituksen tarkempi kuvaaminen siten, että kuormitus kohdistuisi hilaruudun rantaan rajoittuviin reunoihin, saattaisi olla tarpeellista tietyissä olosuhteissa.

Vaihtoehtovertailun käyttäjälle asettamien vaatimusten ja tulosten havainnollistamisen kannalta olisi tarpeellista luoda Monte Carlo-rutiini, joka tilastollisten kuormitus-, virtaama- ja tuulijakaumien sekä virtaus-vedenlaatumallin avulla tulostaisi alueellisten pitoisuusjakaumien pysyvyyksiä tarkasteltavalla alueella. Käyttäjätavallisen grafiikkapohjaisen tulostuksen kehittäminen lisää omalta osaltaan havainnollisuutta.

5.2 JOKIVIRTAUSMALLIT

Jokivirtausmallien ensimmäinen sovellus tehtiin v. 1981,

jolloin laskettiin joen muuttuvaa virtausta voimalaitoksen lyhytaikaisen säännöstelyn seurauksena. Kohteena oli Perhunjoki, ja tarkoitus oli tutkia sittemmin valmistuneen Kaitforsin voimalaitoksen vaikutustan vedenkorkeuksiin. Malli pystytettiin VYH:n tietokoneella, ja Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri käytti mallia itsenäisesti eri juoksu- tusohjelmien ja pohjapatoratkaisujen vaikutusten tutkimiseksi.

Kymijokea on mallitettu noin 100 km osuudelta. Tarkoituksena oli tutkia suunnitellun ohituskanavan sekä mahdollisesti käyttöönotettavan vuorokausisäännöstelyn vaikutusta vedenkorkeuksiin ja virtaamiin. Työ tehtiin vesistötoimistolle, joka käytti mallia itsenäisesti.

Kymijoessa mallitettiin myös tahattoman päästön kulkeutumista ja laimenemista, sekä eri toimenpiteiden vaikutusta. Tämä työ tehtiin hydrologian toimistossa.

Mallin suppeampaa versiota on käytetty Kuopion vesi- ja ympäristöpiirissä Konnuksen kunnostustoimenpiteiden tutkimiseksi (laskettiin tarvittava kivimäärä vedenkorkeuden nostamiseksi toivotulle tasolle). Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri käytti mallia itsenäisesti sen pystyttämisen jälkeen.

Mallin viimeisin sovelluskohde on Kemijoki (Kemijärvestä merelle), ja tarkoituksena on mallittaa veden laatua muuttuvassa ympäristössä. Tällä hetkellä mallin virtausosuus on valmis (kalibroitu). Kulkeutumis- ja vedenlaatuosa toimii (laskettavat parametrit kiintoaine, fosfori, happi ja BOD), mutta ei ole vielä kytketty virtausmalliin. Myös kuormituslähteiden "sijoittelu" malliin on kesken. Vedenlaatumallin kalibrointi ja käyttö on tarkoitus siirtää Lapin vesi- ja ympäristöpiiriin sen valmistuttua.

Virtausmallia on vuosien aikana myös käytetty eräissä pienemmissä suunnittelukohteissa, mm. Kokemäenjoessa sekä Mäntän alapuolella (jäteveden leviämisen estäminen).

5.3 ÖLJYN KULKEUTUMISMALLIT

Öljyntorjunnassa käytettävien virtaus- ja vedenlaatumallien soveltamisessa on keskeisintä ennustaa öljyn kulkeutuminen. Kulkeutumisen laskeminen perustuu virtausmallilla laskettuihin vesistön virtauskenttiin. Virtauksia aiheuttavista tekijöistä tuuli on avovesikaudella ylivoimaisesti tärkein. Vedenkorkeusvaihtelun merkitys korostuu rannikkoalueilla. Jääpeitteen aikana virtaukset ovat oleellisesti hitaampia.

Vesi- ja ympäristöhallituksen toimesta on kesällä 1987 käynnistynyt laaja Perämeriprojekti, jossa tavoitteena on Perämeren virtausten ja veden laadun syy-yhteyksien selvittäminen. Perämeriprojekti tuottaa välillisesti tietoa myös öljyntorjunnan tarpeisiin ja antaa mahdollisuuden ennustaa öljyn kulkeutumista eri virtaus- ja vedenkorkeustilanteissa.

Öljyntorjuntaa varten kulkeutumissovelluksia tarvitaan tärkeillä öljyntorjuntareiteillä. Ensi vaiheessa laskentavalmiuksia tulisi luoda Suomenlahden rannikkoalueelle. Suomenlahden rannikolle on laadittu vain yksi virtaus- ja kulkeutumissovellus (Kotkan edusta). Sovellusalue rajautui jätevesien vaikutusalueelle. Tietoa voidaan kuitenkin hyödyntää laajemmalle ulottuvan mallin laadinnassa.

Virtaus- ja vedenlaatumallien kehittäminen Suomenlahdella alueellisesti kattavammaksi ja onnettomuuden sattuessa välittömästi käyttöön saataviksi vaatii tuntevan lisäyksen mallityön voimavaroihin. Ensi vaiheessa tarvitaan mitaustietoja rannikkovyöhykkeen virtauksista.

5.4 YKSINKERTAISTEN VEDENLAATUMALLIEN KEHITTÄMINEN

Yksinkertaisilla vedenlaatumalleilla tarkoitetaan tässä lähinnä fosforitasemalleja sekä Streeter-Phelps -tyyppisiä happimalleja. Tällaisia malleja on kehitetty ja sovellettu Suomessa erilaisissa tutkimus- ja suunnitteluprojekteissa. Huomattava osa tästä työstä on tehty vesi- ja ympäristöhallinnossa. Projektit, joihin on usein ollut käytettävissä runsaasti aikaa, ovat tuottaneet paljon kokemusta malleista ja niiden soveltuvuudesta. Ongelmaksi yksinkertaisten mallien soveltamisessa uusissa tapauksissa on kuitenkin osoittautunut helposti sovellettavien valmiiden tietokoneohjelmien puute. Esim. JOP-mallin (VH:n monistesarja nro 1984:273) käyttöönotosta useissa kohteissa saatujen kokemusten perusteella voidaan päätellä, että tietyn olemassaolevan ohjelman perusteella on helpompi laatia kyseiseen tapaukseen soveltuva modifikaatio kuin aloittaa ohjelmointi alusta.

Projektin yhteydessä on kehitetty yksinkertainen dynaaminen fosforimalli. JAP-malli laskee sekoittuneen altaan kokonaisfosforipitoisuutta. Ulkoisina muuttujina ovat kuormitus, virtaama, tilavuus ja lämpötila. Fosforin sedimentaation oletetaan noudattavan toisen asteen kineetiikkaa.

Yksinkertaisia ainetasemalleja on kehitetty ja testattu. Testaamiseen on käytetty Haukiveden ja Päijänteen fosforitaseaineistoja sekä vertailuaineistona eri maissa sijaitsevien järvien fosforitasetietoja. Tutkimuksessa on keskitytty erityisesti järven hydraulisen käyttäytymisen ja fosforin sedimentaatiokinetiikan huomioonottamiseen yksinkertaisissa malleissa. Tutkimus valmistuu vuoden 1988 alkupuolella.

5.5 VEDENLAATUKUVAUKSEN KEHITTÄMINEN

Vedenlaatumuuttujien osamallien muuttelu virtaus- ja vedenlaatumallin ohjelman sisällä on jossain määrin hankalaa ja virhealtista, johtuen ohjelman monimutkaisuudesta. Erilaisia mallintamismuutostapoja olisi tarkoituksenmukaista kokeilla mahdollisimman yksinkertaisella hydraulisella kuvauksella, esimerkiksi 1-dimensioisella

advektio-dispersiohydrauliikalla tai CSTR-hydrauliikalla - tämä edellyttäen että sovellusalueen geometria on tarpeeksi yksinkertainen.

Jos tietty muuttuja, esim. toksisuus, on funktio virtaus-vedenlaatumallin laskemista pitoisuuksista mutta ei vaikuta ko. pitoisuuksiin, voidaan tämän muuttujan osamalli sijoittaa virtaus-vedenlaatumallin ulkopuolelle. Näin voidaan joustavasti testata eri osamalleja tarvitsematta käsitellä alkuperäistä ohjelmaa.

BOD ja happi

BOD on epäsuora mitta eri nopeuksilla hajoavien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudelle. BOD:n hajoamisnopeuden muuttumisen voi ottaa huomioon esim. jakamalla BOD kahteen tai useampaan eri nopeudella hajoavaan fraktioon. Sedi-mentin hapenkulutus on usein syytä käsitellä omana osamallina. Nitrifikaation aiheuttama hapenkulutus tulisi tietyissä tapauksissa ottaa huomioon.

Ravinteet ja kasviplankton

Erityisesti rehevöityneiden vesistöjen mallittamisessa tulisi tutkia fosfori- ja typpifraktioiden identifiointia, niiden mallittamisvaihtoehtoja ja käyttökelpoisuutta kasviplanktonin kannalta. Tulisi ottaa huomioon sedim-entistä liukenemisen mekanismit, resuspensio- ja sorptio-prosessit sekä pH:n vaikutus.

Kasviplanktonin kasvua olisi kuvattava solunsisäisestä ravinnepitoisuudesta riippuvana. Eri leväryhmien kuvaaminen erikseen on edellytys mm. biogeenisen toksisuuden sekä haju- ja makuhaittojen mallittamiseen.

Mikäli sovelluksessa päähuomio kohdistuu kasviplanktonin dynamiikkaan pitäisi olla valmius sisällyttää kuvaukseen säätelytekijöinä takaisinkytkentämekanismeja ja/tai termodynaamisia tekijöitä sekä predaatio.

Orgaaniset toksiset yhdisteet, inhibitio ja rikastuminen

Kloorattujen fenoliyhdisteiden ja hartsihappojen pitoisuuksiin vaikuttavien kuljetusprosessien ja muuntumisreaktioiden matemaattinen kuvaaminen voidaan suorittaa hyvinkin yksityiskohtaisesti. Tällaisten mekanististen mallirakenteiden ominaisuuksia tulisi kartoittaa verrattuna yksinkertaisempiin kineettisiin malleihin tai termodynaamisiin suureihin perustuviin malleihin. Tulisi aloittaa orgaanisesti sitoutuneen kloorin kokonaismäärän mallittamisen kehittäminen.

Toksikologian ja farmakologian piirissä on kehitetty eri teoreettisiin lähtökohtiin perustuvia malleja myrkyllisyyden ja eri kemikaalien yhteisvaikutuksen kuvaamiseksi. Mallien valintaa saattaa vaikeuttaa mm. biotestien vähäinen ekologinen relevanssi ja testitulosten puutteellinen analyysi. Projektin puitteissa kokeiltiin bakteerien heterotrofisen aktiivisuuden inhiboitumista kuvaavaa toksisuusmallia.

Virtaus-vedenlaatumalliin liitetty rikastumismalli toisi uusia mahdollisuuksia rikastumiselvitysten analyysiin. Jo yhdisteiden pitoisuuksien onnistunut simulointi voisi auttaa esim. perifyton- tai sumputuskokeiden tulosten tulkinnessa.

Kiintoaine ja raskasmetallit

Kiintoaineen simuloiminen on avainasemassa silloin, kun sorptioprosessit vaikuttavat ratkaisevasti tietyn vedenlaatumuuttujan pitoisuuteen. Tällöin tulisi tutkia kiintoaineen sedimentaation eri kuvaustapoja ja resuspension mallittamisen vaihtoehtoja.

Muut tilamuuttujat

Epättydyttävän Pearl-Benson -ligniininimäarityksen sijasta tulisi pyrkiä suurimolekyylisten orgaanisten aineiden osalta käyttämään tilamuuttujina erikseen ligniiniä ja humusta, esim. fluorimetrisen menetelmään perustuen. Indikaattoribakteereita ja radionuklideja voidaan tarvittaessa mallittaa ensimmäisen kertaluvun kinetiikan mukaisella reaktiolla.

5.6 YHTEYDET MUIHIN MALLITUTKIMUKSIIN

Vesi- ja ympäristöhallituksen vesistötoimiston, Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen reaktorilaboratorion yhteistyönä kehitetään järvien säännöstelyn kalataloudellisia vaikutuksia kuvaavaa systeemimallia. Malli perustuu populaatioanalyysiin. Mallilla on tarkoitus selvittää järvien säännöstelykäytännön ja kalakantojen välinen kvantitatiivinen yhteys.

Erilaisten muuttavien tekijöiden vaikutusten erittelemiseksi sekä vesistön käytön ohjaamiseksi kehitetään Kyrönjoelle vedenlaatumallia. Vuoden 1987 aikana on mallin kehittämistä laadittu esiselvitystä.

Vesien- ja ympäristöntutkimuslaitoksen teknillisessä tutkimustoimistossa on ympäristöministeriön rahoittamana käynnissä kemikaalien riskinarvioinnin kehittämisprojekti, jonka yhteydessä kehitetään toksisuusmalleja ja kemikaalien riskinsäätömallia.

6 KANSAINVÄLINEN TOIMINTA

Kansainvälisessä toiminnassa on pyritty yhteistyökontaktien luomiseen alan tutkimuslaitosten kanssa. Kyseessä ovat olleet sekä järvi-, joki- ja rannikkomallit että yhteisten virtausmittausohjelmien toteuttaminen.

Unkarin Vesitalouden Tutkimuskeskuksen (VITUKI) ja VYH:n välillä on käynnissä virtaus-, kulkeutumis- ja vedenlaatumallien kehittämisohjelma, joka perustuu Suomen ja Unkarin väliseen tt-yhteistyösopimukseen. Ohjelma sisältää valmiiden mallien testausta, soveltamista ja uusien mallien kehittämistä. Vuosien 1985-1987 on luotu tausta yhteis-

työlle sekä keskitytty virtausmittauksiin ja virtausmallien vertailuun sekä käytännön sovelluksiin. Vuosien 1988-1991 toimintasuunnitelmassa on edellisen jakson tuloksia käsittelevä symposiumi Helsingissä syyskuussa 1988, käytännön sovellusten jatkaminen (erityisesti öljy- ja kemikaalionnettomuudet sekä hajakuormitettujen alueiden mallit) sekä mallivalmiuksien kehittäminen (esim. 3-dimensioiset mallit ja käyräviivaisen koordinaatiston käyttö topografian kuvauksessa).

Lisäksi yhteistyötä tehdään Leningradin limnologisen laitoksen kanssa (3-dimensioiset virtausmallit). Laaja yhteistyö on käynnistymässä Moskovian Vesiongelmien laitoksen kanssa ja alustavat kontaktit on luotu Tallinnan Sovelletun geofysiikan laitoksen kanssa.

Virtaus- ja vedenlaatumallista laadittiin kuvaus OECD:n toimittamaan kemikaalien esiintymis- ja kulkeutumismalleja esittelevään julkaisuun, joka ilmestyy v. 1988.

7 K O U L U T U S T O I M I N T A

Piirihallinnon vedenlaatumallien käyttövalmiuksia pyrittiin edistämään koulutustoiminnan avulla. Projekti järjesti 4 koulutustilaisuutta. Keväällä 1986 järjestettiin koulutustilaisuus niille vesipiireille, joissa malleja oli jo käytetty. Tilaisuudessa pyrittiin lisäämään käyttäjien tietoutta vedenlaatumallien teoreettisista perusteista. Lisäksi kartoitettiin mallien käytössä ilmenneitä ongelmia ja pyrittiin etsimään niihin yhdessä ratkaisuja. Niille vesipiireille, joissa malleja ei ole vielä käytetty, järjestettiin koulutustilaisuus syyskuussa 1986. Vuonna 1987 järjestettiin piirien toivomuksesta kaksi tilaisuutta, joissa keskityttiin yksinkertaisiin malleihin. Tilaisuuksissa käsiteltiin mallien perusteita sekä mallien käyttöön liittyviä kysymyksiä. Harjoitusten ja päätetyöskentelyn avulla pyrittiin edistämään osallistuvien valmiuksien itsenäiseen mallien käyttöön.

Koulutustilaisuuksien yhteydessä kartoitettiin mallien käyttö- ja soveltamistarvetta samoin kuin piirien halukkuutta ja mahdollisuuksia osallistua sovellusten laadintaan (liite 1).

8 J A T K O T O I M I N T A

8.1 MALLIEN KÄYTTÖ- JA KEHITTÄMISTARVE

Tulevaisuudessa vesiensuojelutoiminnassa edellytetään yhä tarkempaa vesistövaikutusten arviointia ja siten mallien soveltamistarve tulee kasvamaan käytännön toiminnassa. Vesiensuojelutoiminnan suuntautuminen uusiin kuormitustekijöihin ja uudet vesiensuojelukysymykset edellyttävät mallien kuvausalueiden laajentamista ja mallivalikoiman monipuolistamista.

Mallitoiminnan tulevaisuuteen ja kehittämiseen vaikuttaa se, että ennusteita tarvitaan myös muiden kuin pistemäisen

jätevesikuormituksen vaikutusten arvioimiseen. Esimerkiksi hajakuormitusalueilla tarvittaisiin tietoa vesistövaikutuksista. Teollisuuden kuormitusalueilla malleja tarvitaan edelleen, mutta tulevaisuudessa tarvitaan tietoa erityisesti myrkyllisten aineiden käyttäytymisestä.

Katastrofitilanteisiin soveltuviin mallien tarve on ajankohtainen. Vesistöön tapahtuneen päästön tai laskeuman vaikutusten arvioinnissa ja torjuntatoimenpiteiden suunnittelussa on keskeistä ennakoida aineen kulkeutuminen vesistöissä.

Jokivesistöjen virtaus- ja vedenlaatumallien soveltamisen tarve on huomattava. Nykyinen toiminta pyrkii edistämään vesi- ja ympäristöhallinnossa käytettyjen jokimallien soveltamista ja käyttöä piirihallinnossa. Tämän vuoden aikana aloitettiin Kemijoen vedenlaatumallin laatiminen. Hajakuormituksen ja sen vaikutusten arvioinnissa tarvitaan tietoa metsäojituksen ja muiden metsätaloudellisten toimenpiteiden, turvetuotannon, maatalouden ja sen eri toimintojen vesistövaikutuksista. Malleja tarvitaan eri kuormittavien tekijöiden vaikutusten erottamiseen, esimerkiksi rannikkoalueilla eri kalankasvatuslaitosten vaikutusten erottamiseen.

Soveltaminen on viime vuosina rajoittunut virtaus- ja vedenlaatumallien soveltamiseen virtauksiltaan monimutkaisille järviolueille ja rannikkoalueille. Näiden sovellusten laatimiseen tarvittava aika on pitkä, 1-2 vuotta, ja siksi niiden laatiminen on ollut mahdollista ainoastaan pitkäjännitteisen vesiensuojelun suunnittelun yhteydessä. Vesiensuojelutoiminnassa tarvitaan kuitenkin myös tapauskohtaisissa asioissa nopeasti laadittavia ennusteita. Näihin tilanteisiin yksinkertaiset vedenlaatumallit soveltuvat parhaiten. Yksinkertaisten mallien käyttöä rajoittaa lähinnä atk-asiantuntemuksen ja laitteistojen puute.

Vesiensuojelua varten laaditut sovellukset on useimmiten tehty vesiensuojelun suunnittelun tarpeisiin. Mallien käyttö esim. vesistötarkkailuun on toistaiseksi ollut vähäistä. Suunnittelun yhteydessä laadittuja sovelluksia on kuitenkin käytetty tarkkailuohjelmien laadintaan ja tulosten tulkintaan. Nykyiset mallit soveltuvat sellaisinaan tarkkailun tarpeisiin ja mallien nykyistä laajemman käytön esteenä on mallien käyttöön liittyvä asiantuntemuksen puute.

Vesistöjen kunnostushankkeissa malleja voitaisiin käyttää sekä kunnostuksen suunnittelussa että seurannassa. Nykyinen käyttö on vähäistä, mutta erityisesti yksinkertaiset vedenlaatumallit soveltuvat sellaisenaan moniin kunnostuskohteisiin.

Vedenlaatumalliprojektin aikana kartoitettiin vesi- ja ympäristöpiirien näkemyksiä mallien soveltamistarpeesta ja -alueista. Piirien mallien käyttötarpeissa korostui hajakuormitusalueille soveltuvan mallin ja jokimallien tarve. Teollisuuden kuormitusalueilla mallien käyttö on edelleen ajankohtaista.

8.2 NYKYISET TOIMINTAEDELLYTYKSET

Vesi- ja ympäristöhallinnon mallien käyttö- ja kehittämisvalmiudet ovat projektin aikana hankitun erityisasiantuntemuksen ansiosta lisääntyneet. Mallien käyttöä ja käyttömahdollisuuksia vesi- ja ympäristöhallinnossa on kuvattu liitteessä 2.

Aiemmin tarvittava erityisasiantuntemus on hankittu VTT:ltä. Virtaus- ja vedenlaatumallien kalibrointi ja verifiointi ja niihin liittyvä ohjelmointi on toteutettu projektin toimesta ja siten parannettu valmiuksia itsenäiseen soveltamiseen. Mallien laatuosaa on kehitetty mm. laatimalla myrkyllisyyttä kuvaavat yhtälöt, joita on käytetty Kajaaninjoen - Oulujärven sovelluksessa. Virtaus- ja vedenlaatumallien kehittämisvalmiudet ja kehittämiseen tarvittava ohjelmointitaito ovat edelleen keskittyneet VTT:lle.

Projektin mallivalmiuksien lisäys pohjautui kokopäivätoimisen fyysikon ja limnologin erityisasiantuntemukseen. Mallien kehittämisvalmiudet ovat lisääntyneet siten, että projektissa on ollut mahdollisuus perehtyä virtausmallien rakentamiseen ja soveltamiseen ja siten itsenäiset valmiudet laatia sovelluksia ovat parantuneet huomattavasti.

Mallin käyttö ja käyttövalmiudet ovat laajentuneet ja nykyisin mallin käyttäjiä on piirihallinnossa seitsemän (Tuvy, Tavy, Kyvy, Kuvy, Kovy, Kavy ja Lavy). Aiemmin virtaus- ja vedenlaatumalleja käytettiin ainoastaan kolmessa piirissä. Projektissa keskityttiin virtaus- ja vedenlaatumallien soveltamiseen ja sovellusten käytön opastamiseen. Projektin järjestämään koulutukseen osallistui vesi- ja ympäristöpiireistä yhteensä 70 henkilöä. Neljä koulutustilaisuutta ovat lisänneet piirien valmiuksia, mutta eivät ole vielä riittäviä virtaus- ja vedenlaatumallien itsenäiseen soveltamiseen ja käyttöön. Valmiudet soveltaa yksinkertaisia malleja ovat paremmat, mutta niidenkin käyttö edellyttää ohjelmointitaitoja, joita ei läheskään aina ole niillä henkilöillä, jotka mallien tuloksia tarvitsevat. Tietokoneen käytön opastusta on jouduttu sisällyttämään projektin toteuttamaan koulutukseen.

Ohjelmointi liittyy kiinteänä osana mallityöskentelyyn ja toistaiseksi lähes kaikki atk-ohjelmointi on teetetty VTT:ssa. Projektin aikana vesi- ja ympäristöhallinnon omat atk-valmiudet laitteistojen osalta ovat jonkin verran parantuneet. Vesi- ja ympäristöhallinnon järjestämä atk-koulutus ei kuitenkaan sellaisenaan lisää mallien käyttövalmiuksia.

Toiminnan suuntaaminen

Suomessa vedenlaatumallien asiantuntemus ja käyttö on tähän asti keskittynyt suuressa määrin vesi- ja ympäristöhallintoon. Mallien käyttötarve on kuitenkin laajentunut ja esim. korkeakoulujen ja yliopistojen opetus sisältää

malleihin liittyviä kursseja. Konsulttien valmiudet laatia malleja ovat kasvaneet.

Kansainväliset yhteydet tuovat jatkuvasti uusia malleja ja uutta teoreettista perustietoa. Kansainvälisen yhteistyön puitteissa laaditaan myös yhteisiä sovelluksia. Erilaisten yhteyksien kasvaessa ja toiminnan laajetessa koordinoitintarve kasvaa.

Mallitoiminnan tulevaisuuteen ja kehittämiseen vaikuttaa pyrkimys nykyistä tarkempaan vesistövaikutusten arviointiin ja tarve laajentaa mallien käyttöaluetta. Tämä edellyttää nykyisten mallien rakenteen kehittämistä, vuorovaikutusten tutkimista ja vaikuttavien tekijöiden määrittämisen tarkentamista.

Vesi- ja ympäristöhallinnon mallitoiminnan pyrkimyksenä on se, että vesi- ja ympäristöpiirit pystyvät yhä itenäisemmin käyttämään malleja. Vesi- ja ympäristöhallituksen asiantuntemus olisi tarkoituksenmukaista suunnata mallien kehittämiseen ja mallien käyttäjien avustamiseen.

8.3. TOIMINTAMAHDOLLISUUDET

Vesi- ja ympäristöhallinnon nykyisen mallitoiminnan tavoitteet ovat projektin päätyttyä edelleen ajankohtaisia. Mallien käytön lisääntyessä ja mallien käyttöalueiden laajetessa toiminta monimutkaistuu ja osallistuvien tahojen määrä kasvaa. Mallien kehittäminen kytkeytyy tulevaisuudessaakin käytännön sovelluksiin. Yksittäisten sovellusten tiedontarve ja tutkimuksen tuottaman tiedon soveltamiskeilut ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa. Pyrkimyksenä on tarkempi tulkinta vesistön ilmiöistä siten, että tulokset ovat hyödynnettävissä käytännön päätöksenteossa.

Mallitoimintaan käytettävät voimavarat eivät ole lisääntyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana. Mallisovelluksia on laadittu vesiensuojelumaksuvaroin rahoitettavissa erilliselvelyksissä ja malleja on kehitetty jonkin verran opinnäytteissä ja tutkimusprojekteissa. Koordinointi on keskittynyt aika ajoin perustettuihin projekteihin. Vesi- ja ympäristöpiirien valmiudet soveltaa malleja ovat kasvaneet. Keskusviraston mahdollisuus avustaa piirejä ja edistää mallien käyttöä ja kehittämistä rajoittuu yksittäisten asiantuntijoiden varaan. Yhteydet ulkopuolisiin mallityöhön osallistuviin tahoihin ovat luonteeltaan sattumanvaraisia ja koordinoimattomia.

Kuormittajien ja konsulttien valmiudet soveltaa itsenäisesti malleja ovat lisääntyneet ja kasvavat edelleen. Tämä tulee edellyttämään vesi- ja ympäristöviranomaisilta asiantuntemusta arvioida monimutkaisten sovellustulosten oikeellisuutta ja käyttökelpoisuutta päätöksenteossa sekä kykyä laatia vaihtoehtoisia ennusteita.

Vedenlaatumallitoiminnan jatkamiseksi vesi- ja ympäristöhallinnossa voidaan tarkastella neljää vaihtoehtoa:

- I Mallitoimintaan tarvittava asiantuntemus hankitaan jatkossa kokonaisuudessaan ulkopuolisilta asiantuntijoilta.
- II Mallien käyttö- ja kehittäminen hoidetaan kunkin yksikön toimintaan liittyvissä tehtävissä ja koordinointia varten perustetaan seurantaryhmä.
- III Vesi- ja ympäristöhallinnon malliasiantuntemusta pyritään ylläpitämään ja edelleen lisäämään.
- IV Mallitoiminnan keskittäminen erilliseen yksikköön.

Vaihtoehdon I toteutuminen merkitsee käytännössä sitä, että vesi- ja ympäristöhallinnon rooli mallitoiminnassa on teettää sovellukset ulkopuolisilla konsulteilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon asiantuntemus perustuu aiemmin hankittuun kokemukseen ja on luonteeltaan hyvin henkilösidonnaista. Mallitietouden käytön aktiivisuus riippuu tehtäviä hoitavien omasta asiantuntemuksesta eikä koordinointia ole eri yksiköiden välillä.

Vaihtoehdon II toteutuminen merkitsee sitä, että kukin yksikkö vastaa omassa toiminnassaan tarvitsemistaan mallisovelluksista käyttäen hyväksi omia asiantuntijoitaan. Asiantuntijoiden tehtävänä on erityisesti sovellusten suunnittelu ja tulosten tulkinta, mutta mikäli yksikön työtilanne sen sallii, myös itse sovellusten laatiminen tulee kyseeseen (erityisesti piireissä). Asiantuntemuksen ylläpitäminen on yksiköiden vastuulla. Tämä vaihtoehto edellyttää kuitenkin sitä, että vesi- ja ympäristöhallitukseen perustetaan pysyvä seurantaryhmä, joka huolehtii mm. informaation kulusta sekä mallitöiden koordinoinnista niin, ettei yksiköissä tehdä päällekkäistä työtä.

Vaihtoehto III:n toteuttaminen edellyttää jatkuvaa vuorovaikutusta keskusviraston ja piirihallinnon välillä sekä myös keskusviraston sisällä mallien soveltamisessa ja kehittämisessä. Tämän vaihtoehdon toteuttaminen edellyttää vähintään nykyisin käytettävissä olevien resurssien säilyttämistä VYH:ssa. Piirien osalta mallien käyttäjiä on pystyttävä edelleen aktivoimaan.

Vaihtoehto IV lisäisi huomattavasti toimintaedellytyksiä ja takaisi toiminnan jatkuvuuden mallien kehittämiselle. Yksikkö laatisi sovellukset muiden yksiköiden ja piirien toimeksiannosta. Yksikön perustaminen vaatii huomattavaa voimavaralisäystä ja/tai nykyisten voimavarojen siirtämistä muista tehtävistä mallitoimintaan.

Projekti esittää seuraavaa ehdotusta toteutettavaksi

Projektiryhmä ehdottaa vaihtoehdon III toteuttamista siten, että perustetaan pysyväluonteinen, toistaiseksi perustettava projekti, jonka ohjelman projektin johtoryhmä vahvistaa vuosittain. Johtoryhmä muodostuu päättyvän projektin johtoryhmästä täydennettynä vesistöosaston edustajalla. Projektiryhmän vetäjänä toimii nykyisen projektin vetäjä. Johtoryhmä nimeää muun osan projektiryhmää vuosittain työohjelmasta ja siihen liittyvistä tehtävistä riippuen. Työryhmä antaa johtoryhmälle toimintaraportin vuosittain.

MALLIEN SOVELTAMIS- JA KEHITTÄMISTARVE VESI- JA YMPÄRISTÖPIIREISSÄ
(Koulutustilaisuuksissa 16.4.1986, 18.-19.9.1986, 25.6.1987 ja
21.-22.10.1987 saadun palautteen mukaan)

AIHEITA

- kalankasvatuslaitosten vaikutus vesistöihin
- turvetuotannon " "
- kaatopaikkojen " "
- hajakuormituksen liittäminen malleihin
- jokivesistöjen mallit
- yksinkertaiset mallit
- fosforin käyttäytyminen humusvesissä
- humuksen huuhtoutumisen merkitys

ALUEITA

- Kokkolan merialue
- Kaskisten merialue (Metsä-Botnian purkupaikan siirto)
- Kyrönjoen merialue
- Vaasan kaupungin edusta
- Kemijoen fosforimalli
- Perämeri
- Uimaharju-Pielisenjoki
- Taipaleenjoki
- Lieksanjoki
- Kallavesi
- Rautalammin reitti
- Kajaaninjoki-Oulujärvi
- Kuivaniemen edusta
- Porvoon edusta
- Porvoonjoki
- Siuntionjoki

VIRTAUS- JA VEDENLAATUMALLIEN KÄYTTÖ VYH:SSA

MALLIEN NYKYINEN KÄYTTÖ	KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET	NYKYINEN TOTEUTTAMINEN	OMA ASIAANTUNTEMUS	ULKOPUOLINEN ASIAANTUNTEMUS
<u>VESIENSUOJELU</u>				
- ALUEELLINEN SUUNNITTELU	- VELVOITETARKKAILU	- MÄÄRÄKAIKAISET VYH:N PROJEKTIIT	- ONGELMA-ANALYYSIT	- OHJELMOINTI
- VALVONTATAPAUKSET	- KUNNOSTUS	- PIIRIN ALOITTEESTA PROJEKTIIT	- SOVELLUKSEN SUUNNITTELU	- VIRTAUSKENTTIEN RAKENTAMINEN
- ERILLISSELVITYKSET	- KATSELMUKSET	- LAATIVAT SOVELLUKSET	- TULOSEN TULKINTA	
	- VESIEN TILASELVITYKSET	- KÄYTTÖ OSITTAIN PIIREISSÄ	- LASKENTA	- KOLMIDIMENSIOISET MALLIT
			- HAVAINTOAINEISTO	
<u>VESISTÖSUUNNITTELU JA VESISTÖJEN KÄYTTÖTOIMINTA</u>				
- HANKKEEN VEDENLAATUVAIKUTUSTEN ENNALLTA-ARVIOINTI	- KÄYTÖN OHJAUS	- SUUNNITTELUUN LIITTYVÄT SELVITYKSET PÄÄOSIN KONSULTTITYÖNÄ	- ONGELMA-ANALYYSIT	- MALLIEN SOVELTAMINEN
- VAIKUTUSTEN TARKKAILU		- TARKKAILUUN LIITTYVÄT SOVELLUKSET KONSULTILTA (TAI PIIREISTÄ)	- HAVAINTO-AINEISTO	
<u>TUTKIMUS</u>				
- VIRTAUSMALLIEN VERTAILU	- VEDENLAATUPROSESSIEN TUTKIMINEN JA KUVAUSTEN PARANTAMINEN	- YHTEISTYÖPROJEKTEISSA	- NUMERISET MENETELMÄT	- OHJELMOINTI
- KANSAINVÄLINEN YHTEISTYÖ			- TUTKIMUSTEN SUUNNITTELU	- 3-DIMENSIOISET MALLIT
			- HAVAINTOAINEISTOJEN KERUU JA KÄSITTELY	
			- TULOSEN TULKINTA	
HAPPAOITUMISEN MEKANISMIT		TUTKIMUSPROJEKTIIT		ULKOM. MALLIT (MM. IIASA)
JOKISUUALUEEN AINETASETUTKIMUS				
HAJAKUORMITUKSEN KVANTIFIOINTI				

